

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Bakar

Bahan bakar merupakan gabungan senyawa hidrokarbon yang diperoleh dari alam maupun secara buatan. Bahan bakar cair umumnya berasal dari minyak bumi. Dimasa yang akan datang, kemungkinan bahan bakar cair yang berasal dari *oil shale*, batubara dan biomassa akan meningkat. Minyak bumi merupakan campuran alami hidrokarbon cair dengan sedikit belerang, nitrogen, oksigen, sedikit sekali metal, dan mineral (Wiratmaja, 2010).

Dengan kemudahan penggunaan, ditambah dengan efisiensi thermis yang lebih tinggi, serta penanganan dan pengangkutan yang lebih mudah, menyebabkan penggunaan minyak bumi sebagai sumber utama penyedia energi semakin meningkat. Secara teknis, bahan bakar merupakan sumber energi yang terbaik, mudah ditangani, mudah dalam penyimpanan dan nilai kalor pembakarannya cenderung konstan. Salah satu kekurangan bahan bakar ini adalah harus menggunakan proses pemurnian yang cukup kompleks. Bahan bakar adalah bahan yang apabila di bakar dapat meneruskan proses pembakaran tersebut dengan sendirinya, disertai dengan pengeluaran kalor yang dapat terbakar misalnya: kertas, kain, batu bara, minyak tanah, bensin dan sebagainya (Wiratmaja, 2010).

Untuk melakukan pembakaran diperlukan 3 (tiga) unsur, yaitu :

1. Bahan bakar
2. Oksigen
3. Suhu untuk memulai pembakaran

Panas atau kalor yang timbul karena pembakaran bahan bakar tersebut disebut hasil pembakaran. Kriteria umum yang harus dipenuhi bahan bakar yang akan digunakan dalam motor bakar adalah sebagai berikut:

- a. Proses pembakaran bahan bakar dalam silinder harus secepat mungkin dan panas yang dihasilkan harus tinggi.
- b. Bahan bakar yang digunakan harus tidak meninggalkan endapan atau deposit setelah pembakaran karena akan menyebabkan kerusakan pada dinding silinder.

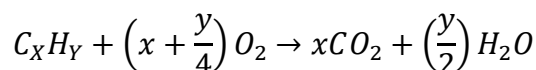
- c. Gas sisa pembakaran harus tidak berbahaya pada saat dilepas ke atmosfer.

2.2 Bahan Bakar cair

Bahan bakar cair adalah bahan bakar yang strukturnya tidak rapat, jika dibandingkan dengan bahan bakar padat molekulnya dapat bergerak bebas. Bensin/Gasolin/Premium, minyak solar, minyak tanah adalah contoh bahan bakar cair. Bahan bakar cair yang biasa dipakai dalam industri, transportasi maupun rumah tangga adalah fraksi minyak bumi. Minyak bumi adalah campuran berbagai hidrokarbon yang termasuk dalam kelompok senyawa: parafin, naphtena, olefin, dan aromatik. Kelompok senyawa ini berbeda dari yang lain dalam kandungan hidrogennya. Minyak mentah, jika disuling akan menghasilkan beberapa macam fraksi, seperti: bensin atau premium, kerosen atau minyak tanah, minyak solar, minyak bakar, dan lain-lain. Setiap minyak petroleum mentah mengandung keempat kelompok senyawa tersebut, tetapi perbandingannya berbeda (Asisten,Lakone., 2015).

2.2.1 Karakteristik Bahan Bakar Cair

Proses pembakaran adalah reaksi antara unsur-unsur yang terkandung dalam bahan bakar dengan oksigen. Hasil dari proses pembakaran ini akan menghasilkan kalor dan cahaya. Reaksi pembakaran dari bahan bakar minyak dituliskan:



Karakteristik bahan bakar cair adalah sebagai berikut (Asisten,Lakone, 2015.)

1. Densitas

Densitas didefinisikan sebagai perbandingan massa bahan bakar terhadap volume bahan bakar dengan acuan 25°C. Dimana densitas ini sangat berpengaruh pada perhitungan kuantitatif dan pengkajian kualitas penyalaan.

2. *Specific Gravity*

Specific gravity adalah perbandingan berat sejumlah volum minyak bakar terhadap berat air untuk volum yang sama pada suhu tertentu. Dimana nilai *specific gravity* dari air ditentukan sama dengan 1.

3. Viskositas

Merupakan ukuran resistansi bahan terhadap aliran. Viskositas mempengaruhi derajat pemanasan awal yang diperlukan untuk handling, penyimpanan dan atomisasi yang memenuhi kriteria.

4. Titik nyala

Titik nyala suatu bahan bakar adalah suhu terendah dimana bahan bakar dapat dipanaskan sehingga uap mengeluarkan nyala sebentar bila dilewatkan suatu nyala api.

5. Titik tuang

Titik tuang suatu bahan bakar adalah suhu terendah dimana bahan bakar akan tertuang atau mengalir bila didinginkan dibawah kondisi yang sudah ditentukan. Ini merupakan indikasi kasar untuk suhu terendah dimana bahan bakar minyak siap untuk dipompakan.

6. Nilai kalor

Nilai kalor atas (HHV) dapat dihitung menurut persamaan milik Dulong & Petit pada persamaan 2.1:

$$HHV = 33950C + 144200 \left(\frac{H_2 - O_2}{8} \right) + 9400S \left(\frac{Kj}{kg} \right) \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana C adalah persentase unsur Karbon, H₂ adalah persentase unsur hidrogen, S adalah persentase unsur sulfur, dan O₂ adalah persentase unsur oksigen. Sedangkan nilai kalor bawah (LHV) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1 di bawah ini

$$LHV = HHV - 3240 \left(\frac{Kj}{Kg} \right) \dots \dots \dots (2.2)$$

7. Kadar Abu (Ash)

Pengujian kadar abu menggunakan cawan dan timbangan digital. Untuk mendapatkan nilai kadar abu, maka dapat digunakan persamaan 2.3 berikut,

$$Kadar\ abu\ (\%) = \frac{C}{A} \times 100\% \dots \dots \dots (2.3)$$

dimana, C = berat abu/residu (gr) dan A = berat bahan sebelum pengabuan (gr). Umumnya, kadar abu berada pada kisaran 0,03 – 0,07 %. Abu yang berlebihan dalam bahan bakar cair dapat menyebabkan pengendapan kotoran pada peralatan pembakaran.

8. Kadar Air (Moisture)

Kadar air menunjukkan banyaknya massa air dalam sebuah massa bahan bakar. Kadar air minyak tungku/furnace pada saat pemasokan umumnya sangat rendah sebab produk disuling dalam kondisi panas. Batas maksimum 1% ditentukan sebagai standar.

2.2.2 Contoh Bahan Bakar Cair

1. Premium

Premium adalah bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kekuningan yang jernih. Warna kuning tersebut akibat adanya zat pewarna tambahan (dye). Premium adalah senyawa organik yang dibutuhkan dalam suatu pembakaran dengan tujuan untuk mendapatkan energi atau tenaga. Premium merupakan campuran kompleks senyawa-senyawa hidrokarbon yang memiliki titik didih sekitar 40°C sampai 180°C. Bahan bakar ini sering disebut juga dengan gasoline atau petrol. Bahan bakar Premium sering digunakan sebagai bahan bakar untuk kendaraan bermotor. Penggunaan Premium dalam mesin berkompresi tinggi akan menyebabkan mesin mengalami knocking sehingga Premium di dalam mesin kendaraan akan terbakar dan meledak tidak sesuai dengan gerakan piston. Premium memiliki *Research Octane Number* (RON) sebesar 88. Spesifikasi Premium dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Spesifikasi Premium

No	SIFAT	MIN	MAX
1	Angka oktan riset RON	88	-
2	Kandungan Timbal (Pb)(gr/lt)	-	0,30
3	Distilasi		
	10% Vol penguapan (°C)	-	74
	50% Vol penguapan (°C)	88	125
	90% Vol penguapan (°C)		180
	Titik Didih akhir (°C)	-	205
	Residu (% Vol)		2.0
4	Tekanan Uap (kpa)	-	62
5	Getah purawa (mg/100ml)	-	5
6	Periode induksi (menit)	360	-
7	Sulfur bilah tembaga (% massa)	-	0.002
8	Korosi bilah tembaga (menit)	Kelas 1	
9	Uji dokter	Negatif	
10	Warna	Kurang	2

Sumber : Keputusan Dirjen Migas No. 940/34/DJM/2002

2. Solar

Solar adalah fraksi dari pemanasan minyak bumi antara 250-340°C yang mempunyai panjang hidrokarbon antara C16-C20. Solar banyak digunakan sebagai bahan bakar kendaraan yang menggunakan mesin diesel. Pada umumnya solar akan banyak mengandung belerang karena dibandingkan dengan bensin solar memiliki titik didih yang lebih tinggi. Kualitas dari solar ditentukan dengan bilangan setana, yaitu tingkat kemudahan minyak solar untuk menyala atau terbakar di dalam mesin diesel (Puspita, 2013).

3. Minyak tanah

Minyak tanah atau *kerosene* adalah cairan hidrokarbon yang tak berwarna dan mudah terbakar yang diperoleh dengan cara distilasi fraksional dari petroleum pada 150°C dan 275°C dan mempunyai rantai karbon dari C11 sampai C15. Biasanya, minyak tanah di distilasi langsung dari minyak mentah membutuhkan perawatan khusus, dalam sebuah *unit Merox* atau *hidrotreater*, untuk mengurangi kadar belerang dan pengaratannya. Minyak tanah dapat juga diproduksi oleh hidrocracker, yang digunakan untuk memperbaiki kualitas bagian dari minyak mentah yang akan bagus untuk bahan bakar minyak (Puspita, 2013).

2.3 Plastik

Plastik adalah salah satu bentuk polimer yang terdiri dari rantai panjang atau rangkaian molekul yang lebih kecil yang dikenal sebagai monomer. Dalam kimia, suatu monomer (dari bahasa Yunani mono "satu" dan meros "bagian") adalah struktur molekul yang dapat berikatan secara kimia dengan monomer lainnya untuk menyusun molekul polimer yang panjang dan berulang-ulang. Monomer dapat berupa hidrokarbon, gula, asam amino, atau asam lemak. Monomer juga tersusun dari atom yang biasanya diambil dari bahan alami atau organik dan sering diklasifikasikan sebagai petrokimia. Segala macam monomer dapat dimanfaatkan dalam pembuatan plastik.

Minyak mentah dan gas alam merupakan sumber pembuat monomer populer yang meliputi jenis stirena, vinil klorida, dan vinil asetat. Polimer dibuat dengan merangkai rantai monomer yang dapat dilakukan dengan metode *thermosetting* dan *thermoplastic*. Pada metode *thermosetting*, monomer cair dituangkan ke dalam cetakan dan dibiarkan dingin. Monomer cair memiliki bentuk permanen sehingga produk yang dihasilkan bersifat tahan lama.

Dengan pendekatan *thermoplastic*, monomer cair dipanaskan dan perlahan-lahan dibentuk sesuai dengan kebutuhan. Setelah itu, produk kemudian didinginkan hingga menjadi item yang diinginkan. Sementara plastik umumnya dianggap sebagai produk yang murah, plastik dapat pula diproses menjadi sesuatu yang bernilai tinggi. Plastik dapat diolah lebih lanjut sehingga memiliki karakteristik tahan panas maupun dingin. Untuk mengenali berbagai jenis plastik dengan mudah yang dihubungkan dengan sistim monomer penyusunnya dilakukan pengkodean dan penomoran seperti terlihat pada Gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Nomor kode plastik
(Sumber : Untoro, 2014)

2.3.1 Sifat plastik

Plastik umumnya adalah hasil pengolahan minyak mentah. Adapun sifat plastik yaitu:

- a. Tidak tembus air
- b. Mudah dibentuk dan dicetak
- c. Ringan
- d. Tidak mudah pecah
- e. Mudah terbakar
- f. Lentur
- g. Tembus pandang
- h. Isolator panas dan listrik

2.3.2 Jenis plastik

Plastik pada umumnya mencakup produk polimerisasi sintetik yang terbentuk dari kondensasi organik. Berdasarkan sifat fisiknya, plastik terbagi atas :

- a. Termoplastik. Merupakan jenis plastik yang bisa didaur-ulang/dicetak lagi dengan proses pemanasan ulang. Contoh: Polietilen (PE), Polistiren (PS), ABS, Polikarbonat (PC)

- b. Termoset. Merupakan jenis plastik yang tidak bisa didaur-ulang/dicetak lagi. Pemanasan ulang akan menyebabkan kerusakan molekul-molekulnya.

Contoh: resin epoksi, bakelit, resin melamin, urea-formaldehida

Berdasarkan sumbernya, plastik terbagi atas :

- a. Polimer alami : kayu, kulit binatang, kapas, karet alam, rambut
- b. Polimer sintetis :
 - Tidak terdapat secara alami : nylon, poliester, polipropilen, polistiren
 - Terdapat di alam tetapi dibuat oleh proses buatan : karet sintetis
 - Polimer alami yang dimodifikasi : seluloid, cellophane (bahan dasarnya dari selulosa tetapi telah mengalami modifikasi secara radikal sehingga kehilangan sifat-sifat kimia dan fisika asalnya)

Jenis plastik, kode dan penggunaannya dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Jenis plastik, kode dan penggunaannya

NO. Kode	Jenis Plastik	Penggunaan
1.	PET (<i>polyethylene terephthalate</i>)	botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, jus, botol sambal, botol obat, dan botol kosmetik
2.	HDPE (<i>High-density Polyethylene</i>)	botol obat, botol susu cair, jerigen pelumas, dan botol kosmetik
3.	PVC (<i>Polyvinyl Chloride</i>)	pipa selang air, pipa bangunan, mainan, taplak meja dari plastik, botol shampo, dan botol sambal.
4.	LDPE (<i>Low-density Polyethylene</i>)	kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku, dan berbagai macam plastik tipis lainnya.
5.	PP (<i>Polypropylene</i> atau <i>Polypropene</i>)	cup plastik, tutup botol dari plastik, mainan anak, dan margarine
6.	PS (<i>Polystyrene</i>)	kotak CD, sendok dan garpu plastik, gelas plastik, atau tempat makanan dari styrofoam, dan tempat makan plastik transparan
7.	Other (O), jenis plastik lainnya selain dari no.1 hingga 6	botol susu bayi, plastik kemasan, gallon air minum, suku cadang mobil, alat-alat rumah tangga, komputer, alat-alat elektronik, sikat gigi, dan mainan lego

(Taufan Landi, dkk. 2017)

a. PET / PETE (Polyethylene Terephthalate)

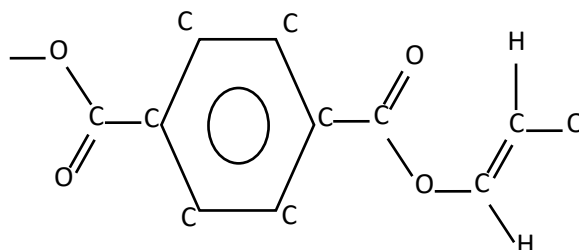
Polyethylene Terephthalate (disingkat PET, PETE atau dulu PETP, PET-P) adalah suatu resin polimer plastik *termoplast* dari kelompok *poliester*. PET banyak diproduksi dalam industri kimia dan digunakan dalam serat sintetis, botol minuman dan wadah makanan, aplikasi thermoforming, dan dikombinasikan dengan serat kaca dalam resin teknik. PET dapat berwujud padatan amorf (transparan) atau sebagai bahan semi-kristal yang putih dan tidak transparan, tergantung kepada proses dan riwayat termalnya. Monomernya dapat diproduksi melalui esterifikasi asam tereftalat dengan etilen glikol, dengan air sebagai produk sampingnya. Monomer PET juga dapat dihasilkan melalui reaksi transesterifikasi etilen glikol dengan dimetil tereftalat dengan metanol sebagai hasil samping.

Polimer PET dihasilkan melalui reaksi polimerasi kondensasi dari monomernya. Reaksi ini terjadi sesaat setelah esterifikasi/transesterifikasinya dengan etilen glikol sebagai produk samping (dan etilen glikol ini biasanya didaur ulang). Kebanyakan (sekitar 60%) dari produksi PET dunia digunakan dalam serat sintetis, dan produksi botol mencapai 30% dari permintaan dunia. Dalam penggunaannya di bidang tekstil, PET biasanya disebut dengan poliester saja.

Sifat-sifat Fisika Polietilen Tereftalat (PET) ;

- Struktur kimia:

Struktur kimia dan contoh plastik PET dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan 2.3 berikut ini.



Gambar 2.2 Struktur molekul PET

- Rumus molekul : $n\text{-C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4$
- Densitas : 1370 kg/m^3
- Modulus young : $2800\text{-}3100 \text{ Mpa}$
- Tensile strength : $55\text{-}75 \text{ Mpa}$
- Temperature glass : 75°C
- Titik leleh : 260°C
- Konduktivitas thermal : 0.24 W/(m.K)
- Panas Specific : 1.0 KJ/(Kg.K)
- Penyerapan air : 0.16
- Viskositas intrinstik : 0.629 dl/g
- Batas elastisitas : $50 - 150 \%$



Gambar 2.3 Contoh plastik PET

(Sumber : bisakimia.2013.mengenal-jenis-jenis-plastik)

b. HDPE (*High Density Polyethylene*)

HDPE adalah *High Density Polyethylene* merupakan resin yang kuat dan kaku yang berasal dari minyak bumi, yang sering dibentuk dengan cara meniupnya. Rumus molekulnya yaitu $(-\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-})_n$



HDPE dapat ditemukan pada cerek susu, botol detergen, botol obat, botol oli mesin, botol shampoo, kemasan juice, botol sabun cair, kemasan kopi dan botol sabun bayi. Sifat HDPE (*high density polyethylene*) yaitu keras hingga semi fleksibel, tahan terhadap bahan kimia dan kelembaban, permeabel terhadap gas, permukaan berkilau (waxy), buram (opaque), mudah diwarnai, diproses dan

dibentuk, melunak pada suhu 75°C . Contoh plastik HDPE dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut ini.

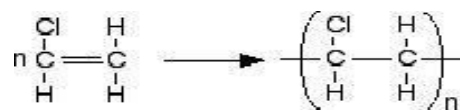


Gambar 2.4 Contoh plastik HDPE

(Sumber : bisakimia.2013.mengenal-jenis-jenis-plastik)

c. PVC (*Polyvinyl Chloride*)

PVC adalah *Polyvinyl Chloride* merupakan resin yang keras yang tidak terpengaruh oleh zat kimia lain Rumus molekulnya yaitu $(-\text{CH}_2-\text{CHCl}-)_n$



PVC dapat dijumpai pada tanda lalu lintas, botol minyak goreng, kabel listrik, botol pembersih kaca, mainan, botol shampoo, pipa air, kemasan kerut, dan kemasan makanan cepat saji. Sifat PVC (*polyvinyl chloride*) yaitu kuat, keras, bisa jernih, bentuk dapat diubah dgn pelarut, melunak pada suhu 80°C . Contoh plastik PVC dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut ini.



Gambar 2.5 Contoh plastik PVC

(Sumber : bisakimia.2013.mengenal-jenis-jenis-plastik)

d. LDPE (*Low Density Polyethylene*)

LDPE adalah plastik yang mudah dibentuk ketika panas, yang terbuat dari minyak bumi, dan rumus molekulnya yaitu $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$



LDPE adalah resin yang keras, kuat dan tidak bereaksi terhadap zat kimia lainnya, kemungkinan merupakan plastik yang paling tinggi mutunya. LDPE dapat dijumpai pada tas plastik, botol, kotak penyimpanan, mainan, perangkat komputer dan wadah yang dicetak. Sifat LDPE (*low density polyethylene*) yaitu mudah diproses, kuat, fleksibel, kedap air, permukaan berkilin, tidak jernih tapi tembus cahaya, melunak pada suhu 70°C . Contoh plastik LDPE dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut ini.

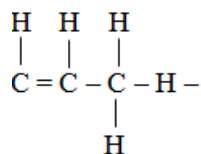


Gambar 2.6 Contoh plastik LDPE

(Sumber : bisakimia.2013.mengenal-jenis-jenis-plastik)

e. PP (*Polypropylene*)

Polypropylene merupakan plastik polymer yang mudah dibentuk ketika panas, lentur, keras dan resisten terhadap lemak. Rumus molekulnya yaitu $(\text{C}_3\text{H}_6)_n$.



Polypropylene dapat dijumpai pada wadah makanan, kemasan, pot tanaman, tutup botol obat, tube margarin, tutup lainnya, sedotan, mainan, tali, pakaian dan berbagai macam botol. Sifat PP (*polypropylene*) yaitu keras tapi fleksibel, kuat, permukaan berkilin, tidak jernih tapi tembus cahaya, tahan terhadap bahan

kimia, panas dan minyak, melunak pada suhu 140°C . Contoh plastik PP dapat dilihat pada Gambar 2.7 berikut ini.



Gambar 2.7 Contoh plastik PP

(Sumber : bisakimia.2013.mengenal-jenis-jenis-plastik)

f. PS (*Polystyrene*)

Polystyrene adalah plastik polymer yang mudah dibentuk bila dipanaskan, sangat kaku dalam suhu ruangan. Rumus molekulnya yaitu:



Polystyrene dapat dijumpai pada perkakas dari plastik, kotak CD, gelas plastik, wadah makanan dan nampan. Sifat PS (*polystyrene*) yaitu jernih seperti kaca, kaku, getas, buram, terpengaruh lemak dan pelarut, mudah dibentuk, melunak pada suhu 95°C . Contoh plastik PS dapat dilihat pada Gambar 2.8 berikut ini.



Gambar 2.8 Contoh plastik PS

(Sumber : bisakimia.2013.mengenal-jenis-jenis-plastik)

g. Jenis Lain (*Other*)

Paling sering, produk dengan label 7 terbuat dari campuran dua atau lebih jenis plastik (1 sampai 6). Kadang kala label 7 mengindikasikan bahwa bahan baku resinnya tidak diketahui. Bisa jadi untuk segala macam benda, namun paling sering akan Anda jumpai plastik No. 7 digunakan dalam industri minuman ataupun makanan.



Gambar 2.9 Contoh plastik *Other*
(Sumber : bisakimia.2013.mengenal-jenis-jenis-plastik)

2.4 Polimer

Polimer adalah suatu molekul raksasa (makromolekul) yang terbentuk dari susunan ulang molekul kecil yang terikat melalui ikatan kimia disebut polimer (poly = banyak; mer = bagian). Suatu polimer akan terbentuk bila seratus atau seribu unit molekul yang kecil (monomer), saling berikatan dalam suatu rantai. Jenis-jenis monomer yang saling berikatan membentuk suatu polimer terkadang sama atau berbeda. Sifat-sifat polimer berbeda dari monomer-monomer yang menyusunnya.

Polimer merupakan senyawa-senyawa yang tersusun dari molekul sangat besar yang terbentuk oleh penggabungan berulang dari banyak molekul kecil. Molekul yang kecil disebut monomer, dapat terdiri dari satu jenis maupun beberapa jenis. Polimer adalah sebuah molekul panjang yang mengandung rantai-rantai atom yang dipadukan melalui ikatan kovalen yang terbentuk melalui proses polimerisasi dimana molekul monomer bereaksi bersama-sama secara kimiawi untuk membentuk suatu rantai linier atau jaringan tiga dimensi dari rantai polimer.

Penggolongan polimer berdasarkan asalnya, yaitu yang berasal dari alam (polimer alam) dan polimer yang sengaja dibuat oleh manusia (polimer sintesis).

2.4.1 Polimer Alam

Polimer alam telah dikenal sejak ribuan tahun yang lalu, Polimer alam adalah senyawa yang dihasilkan dari proses metabolisme makhluk hidup. jumlahnya yang terbatas dan sifat polimer alam yang kurang stabil, mudah menyerap air, tidak stabil karena pemanasan dan sukar dibentuk menyebabkan penggunaannya amat terbatas. Contoh sederhana polimer alam seperti ; Amilum dalam beras, jagung dan kentang , pati , selulosa dalam kayu , protein terdapat dalam daging dan karet alam diperoleh dari getah atau lateks pohon karet, protein, DNA, kitin pada kerangka luar serangga, wool, jaring laba-laba, sutera dan kepompong ngengat, adalah polimer-polimer yang disintesis secara alami. Polimer alam dapat dilihat pada Tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2.3 Contoh dari jenis-jenis polimer alam.

Polimer	Monomer	Polimerisasi	Contoh
Pati/amilum	Glukosa	Kondensasi	Biji-bijian, akar umbi
Selulosa	Glukosa	Kondensasi	Sayur, Kayu, Kapas
Protein	Asam amino	Kondensasi	Susu, daging, telur, wol, sutera
Asam nukleat	Nukleotida	Kondensasi	Molekul DNA dan RNA (sel)
Karet alam	Isoprena	Adisi	Getah pohon karet

Sumber: Anggunchemistry.blogspot.com, 2011

Serat-serat selulosa yang kuat menyebabkan batang pohon menjadi kuat dan tegar untuk tumbuh dengan tinggi seratus kaki dibentuk dari monomer-monomer glukosa, yang berupa padatan kristalin yang berasa manis.

2.4.2 Polimer Sintetis

Polimer buatan dapat berupa polimer regenerasi dan polimer sintetis. Polimer regenerasi adalah polimer alam yang dimodifikasi. Contohnya rayon, yaitu serat sintetis yang dibuat dari kayu (selulosa). Polimer sintetis adalah polimer yang dibuat dari molekul sederhana (monomer) dalam pabrik atau polimer yang dibuat dari bahan baku kimia disebut polimer sintetis seperti *polyetena*, *polipropilena*, *polyvinyl chlorida* (PVC), dan *nylon*. Kebanyakan polimer ini sebagai plastik yang digunakan untuk berbagai keperluan baik untuk rumah tangga, industri, atau mainan anak-anak. Polimer sintetis yang pertama kali yang dikenal adalah bakelit yaitu hasil kondensasi fenol dengan formaldehida, yang ditemukan oleh kimiawan kelahiran Belgia Leo Baekeland pada tahun 1907. Bakelit merupakan salah satu jenis dari produk-produk konsumsi yang dipakai secara luas. Beberapa contoh polimer yang dibuat oleh pabrik adalah *nylon* dan *poliester*, kantong plastik dan botol, pita karet, dan masih banyak produk lain yang ada pada kehidupan sehari-hari. Berdasarkan sifatnya terhadap panas, polimer dapat dibedakan atas polimer termoplastik (tidak tahan panas, seperti plastik) dan polimer termosetting (tahan panas, seperti melamin). Klasifikasi polimer ini dibedakan menjadi dua, yaitu polimer termoplastik dan polimer termosetting.

a. Polimer Termoplastik

Polimer termoplastik adalah polimer yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas. Jika polimer jenis ini dipanaskan, maka akan menjadi lunak dan didinginkan akan mengeras. Proses tersebut dapat terjadi berulang kali, sehingga dapat dibentuk ulang dalam berbagai bentuk melalui cetakan yang berbeda untuk mendapatkan produk polimer yang baru. Polimer yang termasuk polimer termoplastik adalah jenis polimer plastik. Jenis plastik ini tidak memiliki ikatan silang antar rantai polimernya, melainkan dengan struktur molekul linear atau bercabang.

Polimer termoplastik memiliki sifat – sifat khusus sebagai berikut:

1. Berat molekul kecil
2. Tidak tahan terhadap panas.
3. Jika dipanaskan akan melunak.

4. Jika didinginkan akan mengeras.
5. Mudah untuk diregangkan.
6. Fleksibel.
7. Titik leleh rendah.
8. Dapat dibentuk ulang (daur ulang).
9. Mudah larut dalam pelarut yang sesuai.
10. Memiliki struktur molekul linear/bercabang.

Contoh plastik termoplastik sebagai berikut.

1. *Polietilena* (PE) = Botol plastik, mainan, bahan cetakan, ember, drum, pipa saluran, isolasi kawat dan kabel, kantong plastik dan jas hujan.
2. *Polivinilklorida* (PVC) = pipa air, pipa plastik, pipa kabel listrik, kulit sintetis, ubin plastik, piringan hitam, bungkus makanan, sol sepatu, sarung tangan dan botol detergen.
3. *Polipropena* (PP) = karung, tali, botol minuman, serat, bak air, insulator, kursi plastik, alat-alat rumah sakit, komponen mesin cuci, pembungkus tekstil, dan permadani.
4. *Polistirena* = *Insulator*, sol sepatu, penggaris, gantungan baju.

b. Plastik *Termosetting*

Polimer *termoseting* adalah polimer yang mempunyai sifat tahan terhadap panas. Jika polimer ini dipanaskan, maka tidak dapat meleleh. Sehingga tidak dapat dibentuk ulang kembali. Susunan polimer ini bersifat permanen pada bentuk cetak pertama kali (pada saat pembuatan). Bila polimer ini rusak/pecah, maka tidak dapat disambung atau diperbaiki lagi. Polimer termoseting memiliki ikatan – ikatan silang yang mudah dibentuk pada waktu dipanaskan. Hal ini membuat polimer menjadi kaku dan keras. Semakin banyak ikatan silang pada polimer ini, maka semakin kaku dan mudah patah. Bila polimer ini dipanaskan untuk kedua kalinya, maka akan menyebabkan rusak atau lepasnya ikatan silang antar rantai polimer.

Sifat polimer termoseting sebagai berikut:

1. Keras dan kaku (tidak fleksibel)
2. Jika dipanaskan akan mengeras.
3. Tidak dapat dibentuk ulang (sukar didaur ulang).

4. Tidak dapat larut dalam pelarut apapun.
5. Jika dipanaskan akan meleleh.
6. Tahan terhadap asam basa.
7. Mempunyai ikatan silang antarrantai molekul.

Dari klasifikasi polimer yang telah dijabarkan sebelumnya, dapat dilihat beberapa perbedaan dari polimer termoplastik dan polimer termoseting pada Tabel 2.4 di bawah ini:

Tabel 2.4 Perbedaan Polimer Termoplastik dan Termoseting

Polimer Termoplas	Polimer Termoset
Mudah diregangkan	Keras dan Rigid
Fleksibel	Tidak Fleksibel
Tidak leleh rendah	Tidak meleleh jika dipanaskan
Dapat dibentuk ulang	Tidak dapat dibentuk ulang

Sumber: Anggunchemistry.blogspot.com, 2011

2.5 Perengkahan

Perengkahan merupakan reaksi pemutusan ikatan C-C dari suatu senyawa hidrokarbon yang mempunyai rantai karbon panjang dan berat molekul besar. Pemutusan ikatan ini membuat senyawa hidrokarbon memiliki rantai karbon pendek dan berberat molekul kecil. Pemutusan ikatan C-C dapat melalui beberapa cara tergantung kondisi reaksi perengkahan. Parafin adalah hidrokarbon yang paling mudah merengkah, disusul dengan senyawa-senyawa naftena. Sedangkan senyawa aromatik sangat sukar merengkah. Proses perengkahan yang terjadi hanya karena pemanasan dinamakan perengkahan termal (*thermal cracking*). Sedangkan proses perengkahan yang terjadi dengan bantuan katalis disebut perengkahan katalitik (*catalytic cracking*). Perengkahan termal adalah suatu proses perengkahan hidrokarbon dengan menggunakan tekanan dan temperatur yang tinggi. Sedangkan pada perengkahan katalitik, reaksi pemutusan C-C berlangsung dengan peran serta katalis dalam reaksi dan dapat berlangsung dengan temperatur dan tekanan rendah. Pemecahan rantai panjang produk pirolisis

menjadi rantai yang lebih pendek dapat dilakukan melalui proses perengkahan katalitik (Surono, 2013)

a. Pirolisis

Pirolisis adalah proses pemanasan suatu zat tanpa adanya oksigen sehingga terjadi penguraian komponen-komponen penyusun kayu keras. Istilah lain dari pirolisis adalah penguraian yang tidak teratur dari bahan-bahan organik yang disebabkan oleh adanya pemanasan tanpa berhubungan dengan udara luar. Pada saat pirolisis, energi panas mendorong terjadinya oksidasi sehingga molekul karbon yang kompleks terurai, sebagian besar menjadi karbon. Istilah lain dari pirolisis adalah destructive distillation atau distilasi kering. Pirolisis merupakan proses penguraian yang tidak teratur dari bahan-bahan organik yang disebabkan oleh adanya pemanasan tanpa berhubungan dengan udara luar (Surono 2013).

Pirolisis adalah proses dekomposisi dari material yang dipakai tanpa menggunakan oksigen, oksigen dapat digunakan pada saat kondisi dimana pembakaran parsial digunakan untuk memberikan energi termal pada saat proses tersebut. Temperatur yang dibutuhkan untuk melakukan pirolisis adalah sekitar 380-530°C, dengan tekanan 0,1-0.5 Mpa. Di dalam proses pirolisis, hidrokarbon rantai panjang dipecah menjadi hidrokarbon rantai pendek. Produk pirolisis tergantung pada desain *pyrolyze*, karakteristik fisik dan kimia dari biomassa dan parameter operasi penting seperti tingkat pemanasan, suhu pirolisis, waktu tinggal saat reaksi. Selain itu, kandungan tar dan hasil produk lain tergantung pada tekanan, komposisi ambien gas, dan adanya katalis mineral. Parameter yang berpengaruh pada kecepatan reaksi pirolisis mempunyai hubungan yang sangat kompleks, sehingga model matematis persamaan kecepatan reaksi pirolisis yang diformulasikan oleh setiap peneliti selalu menunjukkan rumusan empiris yang berbeda. Selain itu juga, plastik polistirena merupakan plastik dengan polimer berat yang tidak dapat ditentukan ataupun dihitung jumlah molekulnya. Produk pirolisis umumnya menghasilkan, yaitu (CO₂ dan H₂O) yang merupakan gas non-toksik, tar (*pyrolitic oil*), dan arang (Selpiana dkk, 2016)

b. Thermal Cracking

Proses perengkahan thermal (*Thermal Cracking*) adalah suatu proses pemecahan rantai *hydrocarbon* dari senyawa rantai panjang menjadi hidrokarbon dengan rantai yang lebih kecil melalui bantuan panas. Suatu proses perengkahan thermal bertujuan untuk

mendapatkan fraksi minyak bumi dengan *boiling range* yang lebih rendah dari *feed* (umpannya). Dalam proses ini dihasilkan gas, gasoline (*naphtha*), diesel, residu atau *coke*. Pada reaksi perengkahan akan terjadi pemutusan ikatan C-C (*C-C bond scission*), dehidrogenasi, isomerisasi dan polimerisasi (Surono, 2013)

c. *Catalytic cracking*

Perengkahan cara ini menggunakan katalis untuk melakukan reaksi pemutusan rantai hidrokarbon molekul besar menjadi molekul-molekul yang lebih kecil. Dengan adanya katalis, dapat mengurangi temperatur dan waktu reaksi (Surono, 2013). Konversi katalitik limbah plastik menunjukkan beberapa keunggulan dibandingkan metode pirolisis. Suhu perengkahan lebih rendah sehingga reaksi perengkahan menghasilkan konsumsi energi yang lebih rendah dan tingkat konversi yang lebih tinggi (Beyene, 2014). Penambahan katalis pada proses cracking juga dapat mempercepat proses reaksi pemutusan rantai hidrokarbon sehingga terbentuk fraksi-fraksi minyak bumi (Bahrudin dkk, 2006).

2.6 Generator set

Generator set adalah sebuah perangkat yang berfungsi menghasilkan daya listrik disebut sebagai generator set dengan pengertian satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu *engine* dan generator atau *alternator*. *Engine* dapat berupa perangkat mesin berbahan bakar solar atau mesin berbahan bakar bensin, sedangkan generator atau alternator merupakan kumparan atau gulungan tembaga yang terdiri dari *stator* (kumparan statis) dan *rotor* (kumparan berputar) yang dapat membangkitkan listrik (Anggito, 2014).

2.6.1 Penggunaan Genset

Majunya perkembangan zaman saat ini menuntut semua peralatan menggunakan listrik, namun ketersediaan listrik semakin menipis karena tidak diimbangi dengan pembuatan pembangkit listrik baru dan kurangnya kesadaran masyarakat tentang menghemat energi terutama energi listrik, belum semua wilayah di Indonesia ini semuanya teraliri listrik secara merata, oleh sebab itu marilah kita bisa lebih berhemat lagi untuk kehidupan yang lebih baik lagi. Sumber energi listrik dapat dibedakan menjadi 2 kelompok yaitu bisa diperbaharui dan tidak bisa diperbaharui. Contoh energi listrik yang dapat diperbaharui adalah yang disediakan oleh alam yaitu tenaga surya, gelombang laut dan angin yang

sekarang masih belum dimanfaatkan secara maksimal di Indonesia, sedangkan energi listrik yang tidak dapat diperbaharui yaitu pembangkit listrik tenaga minyak, tenaga nuklir, tenaga air dan sebagainya.

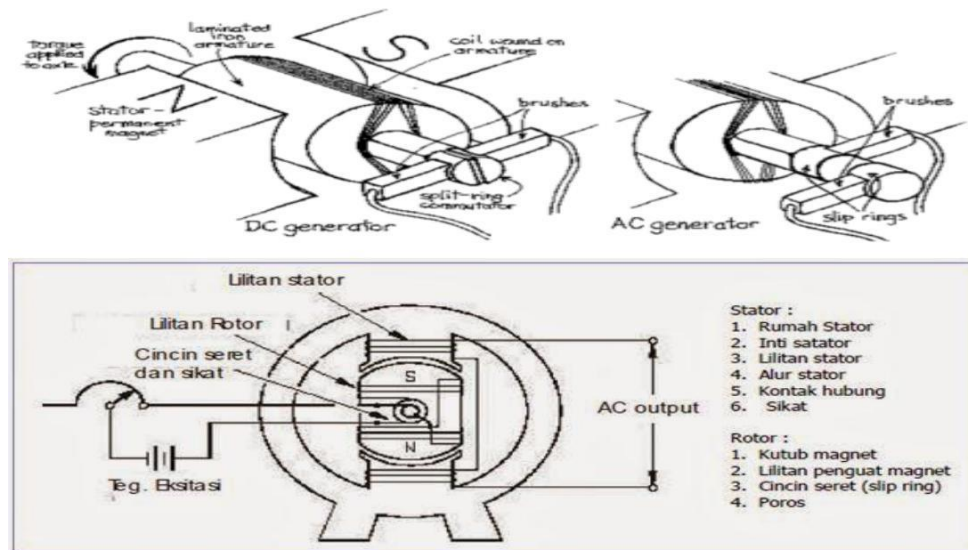
Berhubungan dengan belum maksimalnya pemanfaatan teknologi tersebut maka sering terjadi pemadaman listrik secara bergiliran dan yang lebih parah lagi pemadaman secara mendadak yang bisa menyebabkan kerusakan pada perangkat – perangkat elektronika, dikalangan pengusaha pemadaman seperti ini adalah momok yang sangat dibenci karena proses produksi otomatis terhenti dan mereka akan menderita kerugian tergantung lamanya pemadaman listrik. Penggunaan mesin Genset adalah solusi dari semua masalah tersebut, walaupun tambah biaya tetapi sebanding dengan manfaat yang di dapat. Genset akan terasa manfaatnya ketika sedang pemadaman listrik atau bisa dipakai di daerah terpencil, selain itu genset biasanya dipakai diacara hajatan pentas musik, kampanye atau *event* yang membutuhkan pasokan listrik yang besar, dari berbagai permasalahan diatas alangkah baiknya kita mulai berfikir untuk berinvestasi membeli genset untuk mencegah terjadinya listrik padam.

2.6.2 Prinsip Kerja Genset

Prinsip kerja genset adalah sebuah mesin pembakaran (mesin diesel atau mesin bensin) akan mengubah energi bahan bakar menjadi energi mekanik, kemudian energi mekanik tersebut diubah atau dikonversi oleh generator sehingga menghasilkan daya listrik, generator memiliki dua tipe yaitu generator AC atau yang biasa disebut alternator dan generator DC. Generator AC (*alternator*) adalah generator yang menghasilkan arus listrik bolak-balik (AC), sedangkan generator DC adalah generator yang menghasilkan arus listrik searah (DC).

Generator AC memiliki sistem kerja yang sama dengan generator DC, yaitu menghasilkan listrik dari induksi elektromagnetik, selain itu baik generator AC maupun generator DC sebenarnya pada dasarnya sama – sama menghasilkan arus listrik bolak – balik, namun generator AC dan generator DC memiliki perbedaan pada desain konstruksinya. Generator DC menggunakan sebuah cincin belah (*split ring*) atau yang biasa disebut komutator yang bertindak sebagai penyearah (*rectifier*), sehingga arus yang dihasilkan generator DC adalah arus

searah (DC), sedangkan pada generator AC (alternator) menggunakan dua cincin seret (slip ring) untuk menghasilkan arus bolak – balik.



Gambar 2.10 Prinsip kerja mesin genset

Sumber: <http://infohargagenset.blogspot.com/2015/01/pengertian-genset-fungsi-serta.html>

2.6.3 Cara Kerja Generator Set

Cara kerja generator set adalah dengan menyalakan diesel *engine* dari generator set. Penggerak mula (*Prime mover*) merupakan peralatan yang mempunyai fungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor generator. Pada mesin diesel terjadi penyalaan sendiri, karena proses kerjanya berdasarkan udara murni yang dimampatkan di dalam silinder pada tekanan yang tinggi. Ketika bahan bakar disemprotkan dalam silinder yang bertemperatur dan bertekanan tinggi melebihi titik nyala bahan bakar maka bahan bakar (dalam penelitian ini adalah bahan bakar cair, bensin atau premium) akan menyala secara otomatis.

Ada dua langkah kerja pendek dari disesel masing – masing mempunyai dua proses kerja. Yang pertama adalah

Proses pertama :

Langkah pertama adalah langkah pemasukan dan penghisapan. Disini udara dan bahan bakar masuk sedangkan poros engkol berputar ke bawah. Langkah kedua merupakan langkah kompresi, poros engkol terus berputar menyebabkan piston naik dan menekan bahan bakar sehingga terjadi pembakaran. Proses 1 dan 2 termasuk proses pembakaran.

Proses kedua :

Langkah 3 merupakan langkah ekspansi, disini katup isap dan buang tertutup sedangkan proses engkol terus berputar dan menarik kembali piston ke bawah. Langkah keempat merupakan langkah pembuangan, disini katub buang terbuka menyebabkan gas sisa pembakaran terbang keluar. Gas keluar karena pada langkah keempat ini piston kembali bergerak naik dan membuka katub pembuangan yang berada di atas tabung silinder piston. Setelah proses tersebut, maka proses berikutnya akan mengulang kembali proses pertama yaitu proses pembakaran, dilanjutkan dengan proses pembuangan.

Setelah engine menyala, poros dari *engine* terhubung langsung dengan poros rotor pada generator set sehingga poros *engine* dan poros rotor berputar secara bersamaan. Ketika terjadi putaran di poros rotor, maka akan terjadi induksi medan magnet dan akan membangkitkan gaya gerak listrik (GGL) seperti halnya hukum Faraday.

Generator Set ini berputar pada kecepatan sinkron, yang diberikan oleh persamaan 2.4 berikut :

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{P} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

N_s = Kecepatan putaran

F = Frekuensi

P = Jumlah kutub per lilitan fasa

2.6.4 Parameter Unjuk Kerja Genset

Parameter unjuk kerja pada motor pembakaran dalam dapat ditunjukkan sebagai berikut :

1. Daya Mesin

Daya adalah usaha yang dilakukan suatu benda setiap detik. Dengan kata lain daya merupakan gaya yang diberikan suatu benda untuk memindahkan benda lain terhadap waktu yang diperlukan. (Abdullah, mikrajuddin. 2004)

Daya mesin merupakan daya yang diberikan untuk mengatasi beban yang diberikan. Daya yang dihasilkan pada mesin diesel yang dikopel dengan

generator listrik dapat dihitung berdasarkan beban pada generator listrik dan dinyatakan sebagai Daya Efektif pada Generator (N_e). Hubungan tersebut dinyatakan dengan rumus (Budi, *ari*. 2013) :

$$N_e = \frac{V \times I \times \cos \phi}{\eta_{gen} \eta_{transmisi} \cdot 1000} \text{ KW} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

N_e	= Daya Mesin (KW)
V	= Tegangan Listrik (Volt)
I	= Arus (Amp)
$\cos \phi$	= Faktor daya Listrik (1)
η_{gen}	= Efisiensi Generator (0,9)
$\eta_{transmisi}$	= Efisiensi Transmisi (0,95)

2. Torsi

Torsi merupakan gaya yang bekerja pada poros engkol (crankshaft). Torsi adalah hasil perkalian gaya tangensial dengan lengannya sehingga memiliki satuan N.m (SI) atau ft.lb (British). Dalam prakteknya, torsi dari engine berguna untuk mengatasi hambatan sewaktu berkendara ataupun terperosok, rumusan torsi sebagai berikut (maruzar,2012) :

$$M_t = \frac{60000 \cdot N_e}{2\pi \cdot n} \text{ (Nm)} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

M_t	= Torsi terukur (Nm)
N_e	= Daya (Kw)
n	= Putaran mesin (rpm)

Dari persamaan tersebut, torsi sebanding dengan daya yang diberikan dan berbanding terbalik dengan putaran engine. Semakin besar daya yang diberikan mesin, maka torsi yang dihasilkan akan mempunyai kecenderungan untuk semakin besar. Semakin besar putaran mesin, maka torsi yang dihasilkan akan semakin kecil.

3. Tekanan Efektif Rata-rata (BMEP)

Proses pembakaran campuran udara-bahan bakar menghasilkan tekanan yang bekerja pada piston sehingga melakukan langkah kerja. Besarnya tekanan ini berubah-ubah sepanjang langkah piston tersebut. Bila diambil tekanan yang berharga konstan yang bekerja pada piston dan menghasilkan kerja yang sama, maka tekanan tersebut dikatakan sebagai kerja per siklus per volume langkah piston. Tekanan efektif rata-rata teoritis yang bekerja sepanjang volume langkah piston sehingga menghasilkan daya yang besarnya sama dengan daya efektif tekanan rata-rata dapat dirumuskan sebagai berikut (Matrudian,2010) :

$$bmep = \frac{1,341 \times 450000 \times Ne}{Z \times A \times L \times i} \text{ (Kg/Cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

- Ne = Daya Motor (HP)
- A = Luas Penampang piston (Cm²)
- L = Panjang langkah piston (cm)
- Z = Jumlah Silinder
- i = 1 (Motor 2-langkah) atau ½ (motor 4-langkah)

4. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Konsumsi bahan bakar spesifik atau *specific fuel consumption (sfc)* merupakan jumlah massa bahan bakar (kg) per waktu yang dipakai selama proses pembakaran untuk menghasilkan daya sebesar 1 Hp. Dengan kata lain konsumsi bahan bakar spesifik (*sfc*) dapat diartikan sebagai ukuran ekonomi pemakaian bahan bakar. konsumsi bahan bakar spesifik (*sfc*) dapat diketahui dengan persamaan 2.6 berikut:

$$Sfc = \frac{G_f}{N} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana G_f adalah jumlah bahan bakar yang digunakan dengan satuan kg/jam dan N adalah daya efektif atau daya poros dengan satuannya Hp. (Basyirun dkk. 2008)